

PAT-NO: JP02000107879A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000107879 A  
TITLE: LASER CUTTING METHOD AND LASER NOZZLE USED IN ITS METHOD  
PUBN-DATE: April 18, 2000

INVENTOR-INFORMATION:  
NAME COUNTRY  
ARAI, TAKEJI N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:  
NAME COUNTRY  
AMADA CO LTD N/A

APPL-NO: JP10282937  
APPL-DATE: October 5, 1998

INT-CL (IPC): B23K026/14, B23K026/06

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To cut a thick steel plate with laser beams.

SOLUTION: In this laser cutting method and its device, laser beams LB oscillated from a laser beam oscillator 1 is introduced into a straight part 25 having a small diameter and multiply reflected to uniformize beam strength of the laser beams, a diameter of the laser beams the beam strength of which is uniformized is slightly enlarged and the surface of a work W is irradiated with the laser beams, an oxidation promoting gas jet the flow rate in the central part of which is kept at a nearly sound velocity is ejected toward the central part of an irradiating surface by the laser beams, the work is molten by heat owing to an oxidation reaction of the work, and the molten part is removed by the gas jet. A laser nozzle is provided with a tapered opening part 23, the straight part 25 having the small diameter through which the laser beams LB are multiply reflected, and an irradiating port side tapered part 29 the nozzle irradiating port side of which becomes large in diameter gradually so that the diameter of a nozzle irradiating port 27 becomes larger than the diameter of the above described straight part 25.

COPYRIGHT: (C) 2000, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-107879

(P2000-107879A)

(43) 公開日 平成12年4月18日 (2000. 4. 18)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

B 2 3 K 26/14

26/06

識別記号

F I

B 2 3 K 26/14

26/06

テマコード<sup>\*</sup>(参考)

Z 4 E 0 6 8

A

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平10-282937

(22) 出願日

平成10年10月5日 (1998. 10. 5)

(71) 出願人 390014672

株式会社アマダ

神奈川県伊勢原市石田200番地

(72) 発明者 新井 武二

埼玉県入間郡三芳町北永井871-5

(74) 代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外 8 名)

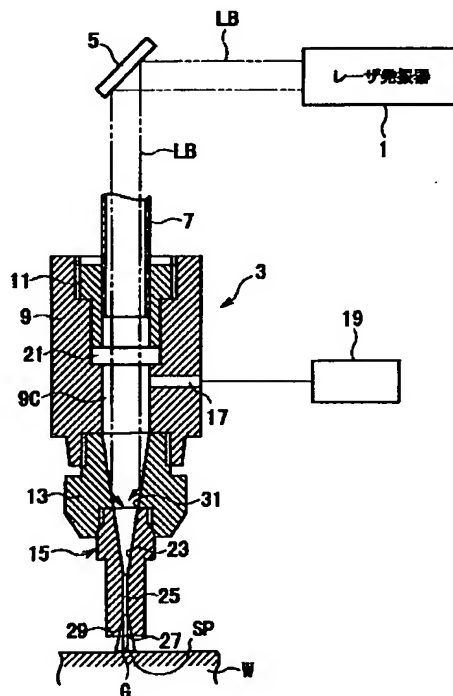
Fターム(参考) 4E068 AE01 CD01 CD15 CH02

(54) 【発明の名称】 レーザ切断加工方法及び同方法に使用するレーザノズル

(57) 【要約】

【課題】 厚板鋼板のレーザ切断が可能なレーザ切断加工方法及び同方法に使用するレーザノズル。

【解決手段】 レーザ発振器 1 から発振されたレーザビーム LB を小径のストレート部 25 に導入し多重反射させてレーザビームのビーム強度の均一化を図り、このビーム強度を平均化したレーザビームの径を僅かに拡大してワーク W 表面に照射し、このレーザビームの照射面の中心部に酸化促進ガスジェットの中心部の流速を音速程度に保持して噴射し、ワークの酸化反応による熱によってワークを溶融し、その溶融部分を前記ガスジェットにより除去するレーザ切断加工方法及び装置である。レーザノズルは、テーパ状の開口部 23 と、レーザビーム LB の多重反射を行う小径のストレート部 25 と、上記ストレート部 25 の径よりはノズル照射口 27 が大径になるようにノズル照射口側が次第に大径になる照射口側テーパ部 29 とを備えてなるものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 切断すべきワークの表面にレーザビームを小径のスポットとして照射して照射面を発火点温度に保持し、上記スポットの径よりも小径に集束した態様のアシストガスを前記照射面の中央部に亜音速以上のガスジェットとして噴射し、このガスジェット中の酸素と加熱されたワークとの酸化反応熱によってワークを溶融し、この溶融した部分を前記ガスジェットによって除去して切断溝を形成するレーザ切断加工方法において、前記ワークの板厚（ $t$ ）に応じてレーザビームと同軸にアシストガスを噴射するレーザノズルの照射口径（ $Y_o$ ）を一定の規則の下に変化させることを特徴とするレーザ切断加工方法。

【請求項2】 請求項1に記載の発明において、前記一定の規則が次の関係式で表されることを特徴とするレーザ切断加工方法。

$$Y_o = (0.04t + 0.85) \pm 0.15$$

ただし、 $t$ は板厚（mm）、 $Y_o$ はレーザノズルの照射口径（mm）である。

【請求項3】 レーザ発振器から発振されたレーザビームをレーザノズルの小径のストレート部に導入し光軸の周囲部分を多重反射させてレーザビームの光軸周囲部分のビーム強度の均一化を図り、このビーム強度を平均化したレーザビームの径を所望の径に僅かに拡大しエネルギー分布が円柱形状を呈する態様のレーザビームとしてワーク表面に照射し、このレーザビームの照射面の中心部に酸化促進ガスジェットの流速を亜音速以上に保持して噴射し、ワークの酸化反応による熱によってワークを溶融し、その溶融部分を前記ガスジェットにより除去するレーザ切断加工方法において、レーザノズルの照射口径（ $Y_o$ ）をワークの板厚（ $t$ ）の関数である次の関係式の下に変化させることを特徴とするレーザ切断加工方法。

$$Y_o = (0.04t + 0.85) \pm 0.15$$

ただし、 $t$ は板厚（mm）、 $Y_o$ はレーザノズルの照射口径（mm）である。

【請求項4】 請求項1または請求項3に記載の発明において、前記関係式が次式で表されることを特徴とするレーザ切断加工方法。

$$【数1】 Y_o = \{ [t] - \{4 + 5(n-1)\} \} / 12.5 + 0.2(n-1)$$

ただし、

$$20 \leq t < 25 \cdots \cdots n=1$$

$$25 \leq t < 30 \cdots \cdots n=2$$

$$30 \leq t < 35 \cdots \cdots n=3$$

$$35 \leq t < 40 \cdots \cdots n=4$$

$$40 \leq t < 50 \cdots \cdots n=5$$

なお、 $t$ は板厚（mm）、 $Y_o$ はレーザノズルの照射口径（mm）、また  $n$  は正の整数で範囲番号を示す数、

[ ] はガウスの記号である。

【請求項5】 レーザビームの多重反射を行う小径のストレート部と、該ストレート部の径よりはノズル照射口径が大径になるようにノズル照射口径が次第に大径になる照射口径テーパ部と、前記小径のストレート部のレーザ光の入口側にテーパ状の開口部を備えてなるレーザノズルにおいて、前記照射口径側のテーパ部の開口角度を  $6 \pm 2$  度に設けたことを特徴とするレーザノズル。

【請求項6】 請求項5に記載の発明において、ノズルの照射口径（ $Y_o$ ）と小径のストレート部の内径（ $Y_i$ ）との関係が以下の関係式で表されることを特徴とするレーザノズル。

$$Y_i = |Y_o - 0.6|$$

$$Y_i = (0.04t + 0.25) \pm 0.15$$

なお、 $t$ は板厚（mm）、 $Y_o$ はレーザノズルの照射口径（mm）である。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はレーザ切断加工方法及び同方法に使用するレーザノズルに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 レーザ切断加工方法として、レーザビームを集光レンズによって集光してワークへ照射し、かつアシストガスとして酸素または空気を使用し、ワークと酸素との酸化反応による熱を利用してワークを溶融し、溶融した金属をアシストガスによって吹き飛ばすことによるレーザ切断が行われている。

【0003】 そして、従来は、ワークが薄板や厚板によって焦点距離の異なる集光レンズを使用し、また集光レンズの焦点位置を、ワーク表面、ワーク表面の上方位置およびワーク表面の下方位置等に位置調節してレーザ切断を行っている。さらに、ビームモードとしてはシングルモードのレーザビームを推奨し、かつ加工条件によってはパルスレーザ等が使用されている。

【0004】 ところで、シングルモードの場合にはレーザ発振器からの距離等に拘りなく常にシングルモードを維持するので扱い易い反面、大出力になると、光軸付近の強度が高くなり集光レンズや反射鏡に熱変形や損傷を与えることがある。

【0005】 そこで、レーザビームのシングルモードやマルチモードに拘りなく、レーザビームを小径の円筒状の内面鏡内に導き多重反射させてレーザ切断加工等を行う技術が開発されている。この技術に関する先行例として、例えば特開平4-13493号公報（先行例1）がある。また類似の先行例として特開平3-230886号公報（先行例2）がある。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 前記先行例1の構成は、レーザ発振器において発振された大径（16mm：ガウスビームの  $e^{-2}$  の理論径）のレーザビームを集光レンズによって集光し、例えば入口直径が0.4mmで

長さが15.08mmの円形の直管又は適宜形状のテーパ状の内面鏡内に導入し、この内面鏡内において多重反射させた後、ワークに直接照射してレーザ切断加工を行う構成である。

【0007】上記構成においては、一般的なレーザ加工機におけるノズル径(1.5φ〜3.0φ程度)に比較して内面鏡の内径が小さくかつ長いので、内面鏡から高圧のアシストガスを噴射しようとする、集光レンズ等を備えた加工ヘッド内の内圧が高くなり、場合によっては保持部を含む集光レンズ等の光学要素に歪みを与え、焦点位置がずれて内面鏡内へレーザビームを良好に導入できなくなることがあり、より厚いワークのレーザ切断を行う上において問題がある。

【0008】また、先行例1においては、カライドスコープを用いることによって、中心部にエネルギーが飛躍的に集中するような形態(中心ピークが極めて細い形態)のエネルギー分布を呈するレーザビームに変換するものである。したがって、レーザビームの軸心部のエネルギー密度が極めて高くなるものの全体として中心ピークが極めて細い針状を呈することとなり、エネルギーボリュームは小さなものである。よって、小径の孔加工には有効であるものの、厚板の切断を能率良く行う上においては問題がある。

【0009】前記先行例2の構成は、入口が大きく出口の径を穿孔しようとする微細孔の孔径と略同径の小径に形成したテーパ状の集光コーン内にレーザビームを導入し、レーザビームを次第に集束し、出口からプリント基板にレーザビームを照射して出口とほぼ同径の穿孔加工を行おうとするものである。

【0010】上記先行例2の構成においては、集光コーンの出口へレーザビームを単に集束しようとする構成であるから、充分な多重反射が行われ得ないものであり、レーザ強度の平均化を図る上において問題がある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は前述の如き従来の問題に鑑みてなされたもので、請求項1に関わる発明は、切断すべきワークの表面にレーザビームを小径のスポットとして照射して照射面を発火点温度に保持し、上記スポットの径よりも小径に集束した態様のアシストガスを前記照射面の中央部に亜音速以上のガスジェットとして噴射し、このガスジェット中の酸素と加熱されたワークとの酸化反応熱によってワークを溶融し、この溶融した部分を前記ガスジェットによって除去して切断溝を形成するレーザ切断加工方法において、前記ワークの板厚(t)に応じてレーザビームと同軸にアシストガスを噴射するレーザノズルの照射口径(Yo)を一定の規則の下に変化させることを要旨とするものである。

【0012】請求項2に関わる発明は、請求項1に記載の発明において、前記一定の規則が $Y_o = (0.04t + 0.85) \pm 0.15$ の関係式で表されることを要旨とするものである。

とするものである。ただし、tは板厚(mm)、Yoはレーザノズルの照射口径(mm)である。

【0013】請求項3に関わる発明は、レーザ発振器から発振されたレーザビームをレーザノズルの小径のストレート部に導入し光軸の周囲部分を多重反射させてレーザビームの光軸周囲部分のビーム強度の均一化を図り、このビーム強度を平均化したレーザビームの径を所望の径に僅かに拡大しエネルギー分布が円柱形状を呈する態様のレーザビームとしてワーク表面に照射し、このレーザビームの照射面の中心部に酸化促進ガスジェットの流速を亜音速以上に保持して噴射し、ワークの酸化反応による熱によってワークを溶融し、その溶融部分を前記ガスジェットにより除去するレーザ切断加工方法において、前記レーザノズルの照射口径(Yo)をワークの板厚(t)との関係式、 $Y_o = (0.04t + 0.85) \pm 0.15$ の下に変化させることを要旨とするものである。ただし、tは板厚(mm)、Yoはレーザノズルの照射口径(mm)である。

【0014】請求項4に関わる発明は、請求項1または請求項3に記載の発明において、前記関係式が次式で表されることを要旨とするものである。

【0015】

【数2】 $Y_o = \{ [t] - \{4 + 5(n-1)\} \} / 2.5 + 0.2(n-1)$

ただし、

$20 \leq t < 25 \dots n=1$

$25 \leq t < 30 \dots n=2$

$30 \leq t < 35 \dots n=3$

$35 \leq t < 40 \dots n=4$

$40 \leq t < 50 \dots n=5$

なお、tは板厚(mm)、Yoはレーザノズルの照射口径(mm)、またnは正の整数で範囲番号を示す数、

[ ]はガウスの記号である。

【0016】請求項5に関わる発明は、レーザビームの多重反射を行う小径のストレート部と、該ストレート部の径よりはノズル照射口径が大径になるようにノズル照射口側が次第に大径になる照射口側テーパ部と、前記小径のストレート部のレーザ光の入口側にテーパ状の開口部を備えてなるレーザノズルにおいて、前記照射口側のテーパ部の開口角度を $6 \pm 2$ 度に設けたことを要旨とするものである。

【0017】請求項6に関わる発明は、請求項5に記載の発明において、ノズルの照射口径(Yo)と小径のストレート部の内径(Yi)との関係が $Y_i = |Y_o - 0.6|$ および $Y_i = (0.04t + 0.25) \pm 0.15$ で表されることを要旨とするものである。なお、tは板厚(mm)、Yoはレーザノズルの照射口径(mm)である。

【0018】

【発明の実施の形態】図1を参照するに、本例に係るレ

ーザ切断加工装置は、レーザービームLBを発振するレーザー発振器1と、上記レーザービームLBをレーザー加工ヘッド3方向へ反射するベンドミラー5を備えている。

【0019】前記レーザー加工ヘッド3は、レーザービームLBを囲繞した保護管7の先端部に適宜に接続してある。このレーザー加工ヘッド3はヘッド本体9を備えており、このヘッド本体9の上側に螺着したスリーブ11に前記保護管7の端部が適宜に係合してある。

【0020】前記ヘッド本体9の下部にはノズルホルダ13が着脱可能に螺着してあり、このノズルホルダ13の下部にはレーザーノズル15が着脱可能に螺着固定してある。

【0021】さらに、前記ノズル本体9には、例えば酸素ガス或は空気等のアシストガスの流入口17が形成してあり、このアシストガスの流入口17には、前記レーザーノズル15からアシストガスをガスジェットとして噴射するためのガス供給部19が接続してある。このガス供給部19は、例えば高压タンク或はコンプレッサよりなるものである。

【0022】上記ガス供給部19から供給された高压のアシストガスが前記保護管7側へ流出するのを防止するために、レーザービームLBを透過自在のオプティカルフラット21がノズル本体9内に設けてある。

【0023】前記レーザーノズル15は、レーザービームLBを集光する機能を有するテーパ状の開口部23を備えると共に、このテーパ状の部分に連続してレーザービームLBの光軸の周囲部分の多重反射を行う多重反射孔として小径のストレート部25が適宜長さに亘って設けてある。そして、このストレート部25の下部には、ワークWへのレーザービームの照射径が多重反射孔の径より大径の所望径になるように、下端部のノズル照射口27の径がストレート部25の径より僅かに大径になるように、下端部側が次第に大径になるテーパ形状の噴射口として照射口側テーパ部29が形成してある。

【0024】すなわちレーザーノズル15は、管の途中にスロート(ストレート部25)をもつ中細ノズルであり、ダイバジェット又は広い意味でのラバルノズルと称されるものであって、アシストガスを亜音速から超音速に加速する機能を有するノズルである。

【0025】前記ノズルホルダ13の内面は、レーザー発振器1から発振され、ベンドミラー5によって屈曲された大径のレーザービームLBを前記ストレート部25へ指向集束せしめるようにテーパ状の反射面31に形成してある。

\*【0026】また、前記ノズルホルダ13の反射面31およびレーザーノズル15におけるテーパ状の開口部23、ストレート部25および照射口側テーパ部29の内面はそれぞれレーザービームLBを高反射するように仕上面精度を上げるか、例えば金メッキなどのごとく高反射材料のメッキを施すことが望ましい。

【0027】ここで、前記照射口側テーパ部(噴射口)29は、前記ストレート部(多重反射孔)25から噴射されるガスジェットをほぼ平行状に集束した態様の噴流に保持し、かつ前記ストレート部25を経たレーザービームの径を上記ガスジェットの噴流の有効径(溶融金属を吹き飛ばすに充分な運動エネルギーを保有する流速の範囲)よりも大径になるように拡大する機能を有するものであって、テーパ形状に形成してある。

【0028】すなわち、ストレート部25を経たレーザービームは回折によって自然に広がる傾向にあるが、前記噴射口29は、回折により広がる場合よりもレーザービームの径をより大きく拡大するために、この噴射口29内においてレーザービームが数回の反射を行う長さに設けてあり、かつ広がり角度(開口角度)を $6 \pm 2$ 度に設けてある。

【0029】実験の結果、良好な切断品質が得られるノズルの形状を求めることができた。すなわち、前述のレーザーノズルの照射口27の径、すなわち照射口径( $Y_o$ )と板厚( $t$ )との間、並びにレーザーノズルのストレート部25の内径( $Y_i$ )と板厚( $t$ )との間には次の様な相関関係がある。

【0030】図3、図4に示す如く、良好な切断品質が得られる照射口径( $Y_o$ )と板厚( $t$ )、及び前記レーザーノズル15のストレート部25の内径( $Y_i$ )と板厚( $t$ )との間には相関関係があり、その関係には或る程度の幅があり、その中心を直線で補間すると次式で表すことができる。

【0031】

$$Y_o = (0.04t + 0.85) \pm 0.15 \dots (1)$$

$$Y_i = (0.04t + 0.25) \pm 0.15 \dots (2)$$

ただし、板厚 $t$ 、 $Y_o$ 及び $Y_i$ の単位は(mm)である。

【0032】また、良好な切断品質が得られる照射口径( $Y_o$ )と板厚( $t$ )との関係は、前述の様に、ある程度の幅があるのでこの領域内にあればよく、その関係は次式で表すことができる。

【0033】

【数3】

$$Y_o = \{ [t] - \{4 + 5(n-1)\} \} / 12.5 + 0.2(n-1) \dots (3)$$

ただし、

$$20 \leq t < 25 \dots n=1$$

$$25 \leq t < 30 \dots n=2$$

$$30 \leq t < 35 \dots n=3$$

$$35 \leq t < 40 \dots n=4$$

$$\ast 40 \leq t < 50 \dots n=5$$

なお、 $t$ は板厚(mm)、 $Y_o$ はレーザーノズルの照射口径(mm)、また $n$ は正の整数で範囲番号を示す数、 $[ ]$ はガウスの記号である。

※50 【0034】上述の如く、良好な切断を行うための一つ

の条件として、板厚(t)の変化に対応して、照射口径(Yo)を一定の規則、すなわち、前記関係式(1)または(3)の下に変化させることが必要である。

【0035】なお、前記レーザノズル15において、YiとYoとの間には次の関係がある。

【0036】 $Y_i = |Y_o - 0.6| \dots (4)$

以上の如き構成において、レーザ発振器1から発振されたレーザビームLBをバンドミラー5によってレーザ加工ヘッド3側へ反射すると、レーザビームLBは保護管7内を通過すると共にオプティカルフラット21を透過し、レーザ発振器1から発振されたままの大径の状態でノズルホルダ13におけるビームガイド部としてのテーパ状の反射面31に照射される。

【0037】上記反射面31に照射されたレーザビームLBはレーザノズル15におけるビームガイド部としてのテーパ状の開口部23側へ反射され、この開口部23において適数回反射を繰り返して小径のストレート部25に導入される。小径のストレート部25に導入されたレーザビームLBは当該ストレート部25において多重反射され光軸の周囲部分のビーム強度が平均化(均一化)される。

【0038】そして、上記ストレート部25において多重反射して光軸の周囲部分のビーム強度が均一化されたレーザビームは照射孔側テーパ部29においてさらに多重反射を繰り返しつつ次第に大径になり、前記ストレート部25の径(Yi)より大径の所望の径でもってワークWの表面に照射される。

【0039】ところで、前記レーザ発振器1から発振されたレーザビームLBは、図2に模式図のように示すように、テーパ状の開口部23において複数回反射されて集光しストレート部25へ導入され、この小径のストレート部25において多重反射される。そして、照射孔側テーパ部29において更に複数回反射され、ストレート部25の径よりも大径に拡大されたスポットSPとしてワークWの上面に照射される。

【0040】この際、前記ストレート部25の径(Yi)に相当する部分のレーザビームLBは多重反射されことなくレーザノズル15を通過してワークWの上面に照射される。そして、前記開口部23において反射された光軸の周囲部分が小径のストレート部25において多重反射されビーム強度が平均化された後、照射孔側テーパ部29によって小径のストレート部25より僅かに大径のスポットSPに拡大される。

【0041】このスポットSPの部分のエネルギー分布は、前記照射孔側テーパ部29の角度αにもよるが、ほぼ平均化された状態にあるので全体的にエネルギー密度がほぼ等しい円柱形状E1を呈する。このエネルギー分布は、レーザビームをアクリルに照射したときのバーンパターンによって観察すると、図2の模式図に示すようにエネルギーボリュームの大きな円柱形状E1を呈するこ

とにより確認できる。なお、多重反射されことなくレーザノズル15を通過した部分は、干渉を受けることによりエネルギー密度は、レーザ発振器1から発振されたときの軸心部のエネルギー密度よりも大きくなるが、エネルギーボリュームの小さな針状あるいはヒゲ状E2を呈する。

【0042】上述のごときエネルギー分布を呈する態様に変換されたレーザビームをワークWに照射すると、エネルギー分布が円柱形状の部分E1はワークWを溶融し蒸発させる程度にはエネルギー密度が大きくないので、ワークWの照射面は溶融直前の発火点程度に加熱された状態となる。なお、レーザビームにおけるエネルギー密度がヒゲ状の部分E2はエネルギー密度は大きいもののエネルギーボリュームが小さいので、このヒゲ状の部分E2がワークWに照射されても、切断に関与する全体のエネルギー量が小さいので、ワークWが直ちに溶融切断可能になるものではない。

【0043】上述のごときエネルギー密度の分布が円柱状を呈する態様に変換したレーザビームをワークWの表面に照射すると同時に、ガス供給部19から高圧の酸素ガスまたは空気のアシストガスを流入口17からヘッド本体9内に供給すると、アシストガスは室9C内において高圧(5~20kgf/cm<sup>2</sup>)となり、レーザノズル15におけるストレート部25において亜音速になり、ノズル照射口25からは超音速(マッハ1以上)で前記照射面の中央部に噴射される。

【0044】上記ストレート部(多重反射孔)25から噴射されるアシストガスのガスジェットGは前記多重反射孔25の径より僅かに大径になるものの、ほぼ平行状に集束した態様でかつワークWの表面へ照射されたレーザビームのスポット(照射面)SPの径より小径の噴流に保持されて、上記スポットSPの中央部に噴射される。なお、このガスジェットGの広がり具合はシュリーレン法と称する流れの可視化の方法などによって確認できる。

【0045】ところで、前記照射孔側テーパ部29が存在せずにストレート部25がレーザノズル15から直接開口された構成(前記先行例1のごとき構成)においてはレーザビームの広がり回折による自然の広がりであってより大径にすることができず、またガスジェットは平行状に保持され難く大きく広がる傾向にあり、ワーク表面でのレーザビームの照射面よりもガスジェット径の方が大きくなるので、望ましいものではない。

【0046】前記ワークWのレーザ照射面(スポット)は、レーザビームの照射によって全体的に溶融直前の発火点温度に達しており、この中央部に酸素ガスまたは空気のアシストガスがガスジェットとして噴射されるので、酸素によりワークWの酸化反応が促進される。この酸化反応熱によってワークWが溶融し、この溶融した部分がアシストガスのジェット流によって除去されて、ワ

ークWのレーザ切断が行われることとなる。

【0047】この際、発火点温度に達しているスポットの中央部に上記スポットの径より小径のガスジェットを噴射するものであるから、酸化反応を効果的に促進でき、この酸化反応熱によってワークWを溶融し超音速のガスジェット全体によって溶融金属を除去できる。したがって、ガスジェット中の酸素との酸化反応熱によって徐々に溶融すると同時に溶融部分全体を徐々に効果的に飛散除去できるものであり、換言すれば、酸化反応熱の伝播速度とガスジェットの速度とが均衡し、上記酸化反応熱が周囲に大きく拡散する前に溶融金属を除去することとなり酸化反応熱による熱影響範囲を小さく抑制することができる。

【0048】また、ガスジェットはほぼ平行状に集束した状態に保持されるので、レーザノズル15とワークWとの間隔を比較的大きくすることが可能であると共に、ガスジェットの有効到達距離が長くなり、より厚いワークの切断を行うことができることになる。

【0049】本例によれば、集光レンズを有しないので従来に比較して構成が簡単になると共に、テーパ状のビームガイド部でもってレーザビームLBをストレート部25に導く構成であるから、室9Cを高圧にすることによって、またオプティカルフラット21が例えば熱変形することによってオプティカルフラット21に歪みが生じた場合であっても、ストレート部25へレーザビームを確実に導くことができる。

【0050】また、前記構成により室9C内を高圧にすることができ、レーザノズル15からアシストガスをマッハ1以上の超音速で噴射することが可能となり、より厚いワークの切断を行うことができる。

【0051】ところで、本発明は、前記例に限るものではなく、適宜の変更を行うことによってはその他の態様でも実施可能である。例えばベンドミラー5とオプティカルフラット21との間に焦点距離の長い集光レンズを配置して、レーザビームLBをレーザノズル15におけるテーパ状の開口部23へ照射するようにレーザビームLBを僅かに集束する構成とすることも可能である。また、ベンドミラー5を凹面鏡にして上述したようにレーザビームLBを集束してテーパ状の開口部23へ照射する構成とすることも可能である。

【0052】さらに、オプティカルフラット21に代えて当該部分に適宜焦点距離の集光レンズを採用してテーパ状の開口部23へ照射することも可能である。

【0053】上述の場合、テーパ状の開口部23の適宜位置に焦点が合う構成とすることができ、一旦集光されて広がりかけたレーザビームを反射させながらストレート部25に導入することになり、開口部23の径を前記例示の場合よりも小径とすることが可能であり、レーザ加工ヘッドの全体的構成の小型化を図ることができる。

【0054】要するに、集光レンズや凹面鏡を用いる場合であっても、多重反射を行う小径のストレート部25へのレーザビームの導入はテーパ状の開口部23によって行う構成とすることにより、例えば集光レンズやオプティカルフラット等に多少の歪みを生じても何等問題にすることなくストレート部25へレーザビームLBを確実に導入することができるものである。

【0055】

【発明の効果】以上の説明より理解される様に、請求項1～請求項4に係わる発明は、切断すべきワークの表面にレーザビームを小径のスポットとして照射して照射面を発火点温度に保持し、上記スポットの径よりも小径に集束した状態のアシストガスを前記照射面の中央部に超音速以上のガスジェットとして噴射し、このガスジェット中の酸素と加熱されたワークとの酸化反応熱によってワークを溶融し、この溶融した部分を前記ガスジェットによって除去して切断溝を形成するレーザ切断加工方法であるから、酸化反応を効果的に促進でき、酸化反応熱によって溶融した部分の飛散除去にガスジェット全体を有効に利用できる。

【0056】したがって、酸化反応熱の影響範囲を小さく抑制してのレーザ切断を行うことができると共に、より厚いワークのレーザ切断を行うことができるものである。

【0057】また、板厚(t)に応じてレーザノズルの照射口径Y<sub>o</sub>を一定の規則の下に変化させ、すなわち、照射口径Y<sub>o</sub>が板厚に比例して拡大したノズルを使用することにより、ガスジェットの広がりを押さえ、かつ最適な流量と流速での切断ができるので、板厚に応じた適切な切断幅を形成することができる。

【0058】請求項5または請求項6に係わる発明は、レーザビームの多重反射を行う小径のストレート部と、該ストレート部の径よりはノズル照射口径が大径になるようにノズル照射口径が次第に大径になる照射口側テーパ部と、前記小径のストレート部のレーザ光の入口側にテーパ状の開口部を備えてなるレーザノズルにおいて、前記照射口側のテーパ部を設けたレーザノズルであるから、多重反射したレーザビームを拡大し、エネルギー分布が円柱状を呈する状態のレーザビームに変換できると共にガスジェットの広がりを抑制できるものである。

【0059】また、小径のストレート部のレーザ光の入口側にテーパ状の開口部を形成してなるものであるから、集光レンズがない場合であっても、レーザ発振器から発振されたレーザビームを小径のストレート部に確実に導くことができるものである。

【0060】さらに、小径のストレート部のレーザ光の入口側にテーパ状の開口部を形成してなるものであるから、集光レンズがない場合であっても、レーザ発振器から発振されたレーザビームを小径のストレート部に確

11

実容易に導くことができるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るレーザー切断加工装置の概念的な説明図である。

【図2】レーザーノズルにおけるレーザービームの反射およびエネルギー分布状態を模式的に示した説明図である。

【図3】レーザーノズル照射口径 $Y_o$  (mm)とワーク板厚 $t$  (mm)、並びにレーザーノズルのストレート部の内径 $Y_i$  (mm)とワーク板厚 $t$  (mm)との関係を示したグラフ。

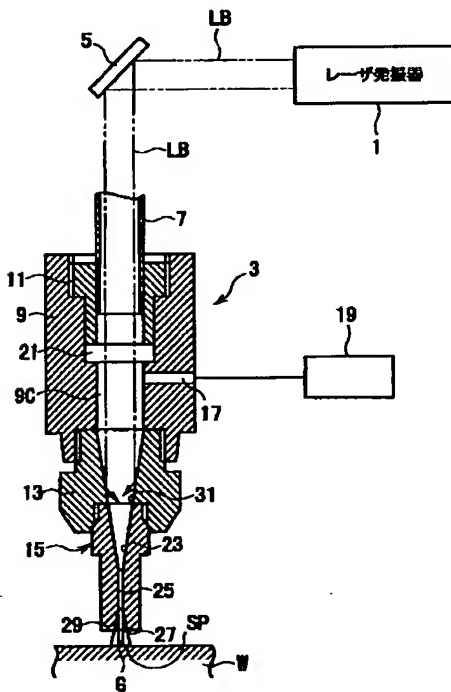
【図4】図3と同様のグラフにおいて、板厚 $t$  (mm)を範囲で区切った時のノズルの照射口径( $Y_o$ )またはノズルの内径( $Y_i$ )を求めるグラフ。

【符号の説明】

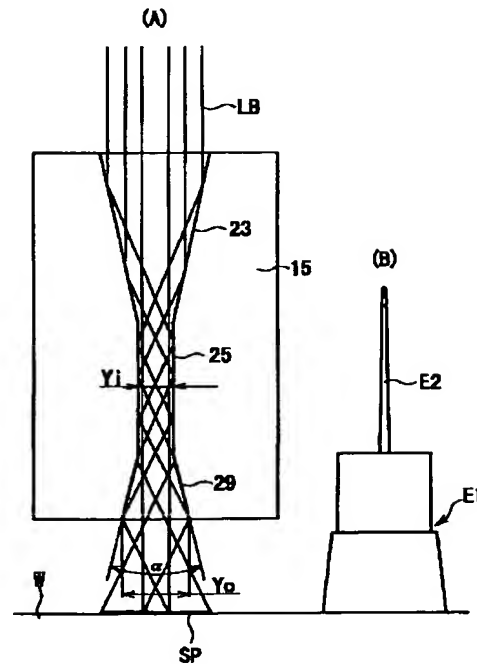
12

- 1 レーザ発振器
- 3 レーザ加工ヘッド
- 5 ベンドミラー
- 13 ノズルホルダ
- 15 レーザノズル
- 19 ガス供給部
- 21 オプティカルフラット
- 23 テーパー状の開口部
- 25 小径のストレート部
- 27 照射口
- 29 照射口側テーパー部
- $t$  板厚
- $Y_o$  照射口径
- $Y_i$  ストレート部の内径

【図1】

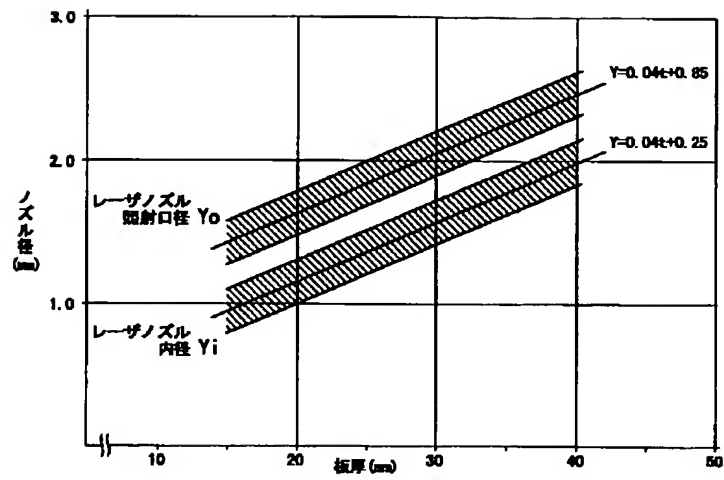


【図2】





【図3】



【図4】

